



Please Click here to view the drawing

Korean FullDoc

English Fulltext

(19)



KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020040088902 A
 (43)Date of publication of application: 20.10.2004

(21)Application number: 1020030023342
 (22)Date of filing: 14.04.2003

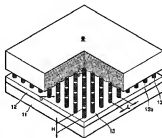
(71)Applicant: IHM, JI SOON
 LEE, KYU HO
 LEE, SANG BONG
 SON, YOUNG WOO
 YU, JAE JUN
 (72)Inventor: LEE, KYU HO
 LEE, SANG BONG
 SON, YOUNG WOO

(51)Int. Cl. B82B 3/00

(54) CARBON NANOTUBE ARRAY HAVING SELF-CLEANING ABILITY AND DURABILITY, WHICH SATISFIES
 $L \sin \theta \geq \frac{4\pi D \sigma \cos \theta}{P}$

(57) Abstract:

PURPOSE: A carbon nanotube array is provided to improve its self-cleaning ability and durability, thereby embodying the antifouling and highly water repellent surface. CONSTITUTION: The carbon nanotube array(13) is formed on a substrate(11) in a way that a plurality of carbon nanotubes(13a, 13b) having a certain diameter(D) satisfies the following equation, when a certain fluid having a certain surface tension(σ) and a certain hydraulic pressure(P) is contacted with the surface of the carbon nanotubes at a certain contact angle (θ): $L \sin \theta \geq \frac{4\pi D \sigma \cos \theta}{P}$, wherein L is an interval between carbon nanotubes, and other symbols are as defined above. The height(H) of the carbon nanotube is not less than 1/200 and not more than 1/20 compared to the interval(L).



copyright KIPO 2005

Legal Status

Date of request for an examination (20030414)
 Notification date of refusal decision (00000000)
 Final disposal of an application (registration)
 Date of final disposal of an application (20060215)
 Patent registration number (1005821700000)
 Date of registration (20060515)

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷
B82B 3/00

(11) 공개번호 10-2004-0088902
(43) 공개일자 2004년10월20일

(21) 출원번호 10-2003-0023342
(22) 출원일자 2003년04월14일

(71) 출원인 이규호
서울특별시 관악구 봉천11동 1644-3 #301

손영우
서울특별시 관악구 봉천4동 1585-12

이상봉
서울특별시 관악구 신림2동 108-77

임지순
서울 송파구 방이2동 89번지 올림픽션수촌아파트 114-406

유재준
서울특별시 양천구 목5동 목동아파트 3단지 312동 504호

(72) 발명자 이규호
서울특별시 관악구 봉천11동 1644-3 #301

손영우
서울특별시 관악구 봉천4동 1585-12

이상봉
서울특별시 관악구 신림2동 108-77

(74) 대리인 이영필
이해영

심사청구 : 있음

(54) 자기세정력을 가지는 탄소나노튜브 어레이

요약

자기세정력을 가지는 탄소나노튜브 어레이가 개시된다. 개시된 탄소나노튜브 어레이는, 소정 표면 장력(σ)과 소정 유압(P)을 가지는 유체가 특정 접촉각(θ)으로 표면에 접촉할 때 상기 유체에 대한 자기세정력을 가지도록 기판 상에 소정 직경(D)을 가지는 복수의 탄소나노튜브가 다음의 식을 만족하는 간격(L)으로 배열된다.

$$L \leq \pi D \cos \theta / P$$

본 발명은 내구성이 강한 초발수성, 항오염 표면을 구현할 수 있다.

배열도

도 2

명세서

표면의 간단한 설명

도 1은 연꽃효과를 보이는 사진,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브 어레이를 간략히 나타낸 사시도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호설명>

11: 기판 12: 산화막

13a, 13b: 탄소나노튜브 13: 탄소나노튜브 어레이

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래 기술

본 발명은 탄소나노튜브 어레이에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 자기세정력을 가지는 탄소나노튜브 어레이에 관한 것이다.

독일의 식물학자 빌헬름 발트로트(Wilhelm Barthlott)은 여러 식물 잎의 표면을 전자 현미경으로 관찰하여 표면의 요철이 심할수록 물을 밀어내는 성질이 강하며, 발수성 요철구조의 표면은 표면 상의 오염물이 물방울 만으로도 쉽게 세정되는 자기 세정력(self-cleaning)을 가지는 것을 발견하였다. 그가 조사한 2만여종의 식물 잎 중에서 특히 연꽃 잎이 가장 강한 초발수성과 자기 세정력을 가지고 있음을 발견하고 이를 연꽃효과(Lotus effect)라고 명명하였다. 빌헬름은 마이크로미터 크기의 요철이 있는 거친 표면을 이용한 초발수성과 자기세정력을 가지는 표면 구조에 관한 특허를 EP0772514B1로 출원하였다.

도 1은 초발수성 표면 상에 물방울을 보인 사진이다. 물방울은 표면장력에 의해 잎의 몇몇 점에서만 접촉하고 있으며 불형태를 유지한다. 이 상태에서는 초발수성 표면이 약간만 기울어져도 물방울이 완전히 구르게 된다.

이러한 초발수성 표면의 적용범위는 매우 광범위하다. 예를 들어, 건축물, 자동차, 기차, 선박 등의 표면에 적용할 경우 세제를 사용하지 않아도 되며 빗물만으로도 마이크로미터 크기의 미세 먼지까지 모두 세척할 수 있다. 초발수성 표면은 세제없이 표면에 물방울이 구르는 것만으로도 미세 먼지까지 깨끗하게 세척되므로 솔이나 천으로 일한 표면을 문지르는 것에 비해 비용과 노력이 크게 절감된다. 특히 초발수성 표면은 물방울 자체가 표면에 접촉하지 않으므로 표면의 부식을 원천적으로 차단시킬 수 있어 외장재의 수명을 거의 영구적으로 연장시킬 수 있다. 이러한 초발수성 표면은 특히 고도의 청정환경을 필요로 하는 반도체 제조공정 분야에 적용되어 큰 효과를 볼 수 있다.

하지만, 현재 초발수성 표면은 폴리머, 실리콘 등의 물질이 마이크로미터 정도의 크기를 가지는 요철 구조를 형성함으로써 이루어지는데, 이러한 요철 구조는 크기를 감소시키는 것이 어려운 자기세정력을 향상시키는 것이 용이하지 않다. 또한 초발수성 표면을 이루는 상기 물질들의 기공은 크기가 작아질수록 요철구조의 강도도 약화되어 내구성이 떨어지는 단점이 있다. 따라서, 연꽃잎과 같이 유체와의 접촉 면적이 나노크기를 가지고 뛰어난 자기세정력을 나타내는 초발수성 표면 구조에 대한 연구가 진행되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명이 이루고자하는 기술적 과제는 상술한 종래 기술의 문제점을 개선하기 위한 것으로서, 뛰어난 자기세정력과 강한 내구성을 가지는 탄소나노튜브 어레이를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명은,

소정 표면 장력(σ)과 소정 유압(P)을 가지는 유체가 특정 접촉각(θ)으로 표면에 접촉할 때 상기 유체에 대한 자기세정력을 가지도록 기판 상에 소정 직경(D)을 가지는 복수의 탄소나노튜브가 수학적 1을 만족하는 간격(L)으로 배열되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 어레이를 제공한다.

$$\text{수학적 1} \\ L \leq \pi D \cos \theta / P$$

상기 탄소나노튜브의 높이(H)는 상기 간격(L)의 1/200이상 1/20이하인 것이 바람직하다.

상기 탄소나노튜브 상의 유체(이물질)와 상기 탄소나노튜브(나노구조)의 표면과의 상대 흡착력(A_r)은 상대 흡착제수(C)와 탄소나노튜브의 흡착력(A)에 대해 수학적 2를 만족한다.

$$\text{수학적 2} \\ A_r = C \times A = \frac{\pi D^3}{4L^2} \times A$$

상기 유압은 100kg중/m² 이하인 것이 바람직하다.

상기 직경(D)은 1nm 내지 500nm의 크기이고, 상기 접촉각(θ)은 90도 보다 큰 것이 바람직하다.

상기 탄소나노튜브의 표면에 테프론 코팅이 되는 것이 바람직하며, 상기 기판 상에 산화막이 더 형성된 것이 바람직하다.

본 발명은 유체와의 접촉 면적비를 수 퍼센트 이하로 감소시켜 강한 발수성, 항오염성 및 자기세정력을 가지는 탄소나노튜브 어레이를 제공한다.

이하 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브 어레이를 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브 어레이를 보인 개념도이다.

도 2를 참조하면, 기판(11) 상에 소정 직경(D) 및 소정 높이(H)의 탄소나노튜브(13a, 13b)가 소정 간격(L)으로 복수개 배열된 탄소나노튜브 어레이(13)가 형성되어 있다. 탄소나노튜브 어레이(13)의 상면에는 물이 탄소나노튜브(13a, 13b)와 접촉각(θ)로 접촉하고 있다. 여기서, 기판(11) 상에는 산화막이 더 형성되어 탄소나노튜브(13a, 13b)를 더 강하게 고정시킬 수 있다.

물의 표면장력을 이용하여 탄소나노튜브 상에 물방울이 안착될 수 있는 조건은 다음과 같이 계산된다. 탄소나노튜브(13a, 13b)를 물 표면에 살짝 찰라넣으면 탄소나노튜브(13a, 13b)는 물로부터 수직으로 항력을 받는다. 탄소나노튜브의 직경을 D라 하면 탄소나노튜브 둘레의 길이는 πD 가 되고 탄소나노튜브 둘레의 길이에 물의 표면장력(σ)을 곱하면 수막이 접촉선을 따라 탄소나노튜브에 작용하는 힘을 구할 수 있다. 이 힘에서 탄소나노튜브(13a, 13b)가 물과 이루는 접촉각(θ)의 코사인 성분이 탄소나노튜브(13a, 13b)에 수직으로 작용하는 항력이 된다. 이 항력(f)은 수학적 3으로 주어진다.

$$\text{수학적 3} \\ f = \pi D \sigma \cos \theta$$

탄소나노튜브(13a, 13b) 간 간격이 L 나노미터이고 정방향 격자로 배열되는 경우 단일 탄소나노튜브(13a)(13b)가 차지하는 면적은 L² 이므로 단위 면적당 작용하는 힘, 즉 압력(P)은 수학적 4와 같이 주어진다.

$$\text{수학적 4}$$

$$P = f/L^2 = \pi D \sigma \cos \theta / L^2$$

수면과 탄소나노튜브 어레이(13) 표면 사이에 상기 압력값(P)보다 큰 압력이 작용하는 경우 탄소나노튜브 어레이(13) 내부의 공기를 모두 밀어내고 탄소나노튜브(13a, 13b) 사이의 공기층으로 물이 침투하게 된다. 이 경우 표면의 요철 구조의 전면에 물이 모두 접촉하게 되고 요철구조가 아닌 평평한 평면 구조일 경우보다 물과 물체 표면과의 접촉면이 더욱 증가하여 초발수성, 항오염 등의 효과를 나타낼 수 없게 된다. 따라서, 적용상황에 필요한 내수압(P_{\max})을 설정하여 탄소나노튜브(13a, 13b)의 직경(D)과 간격(L)을 설정하여야 탄소나노튜브(13a, 13b) 말단에 물방울을 얹게 할 수 있다. 이 상태에서 물과 물체 표면과의 접촉면이 최소화되므로 초발수성을 유지하여 물방울이 표면을 구르면서 약하게 흡착된 오염 물질을 제거할 수 있다.

이와 같은 자기세정력을 나타낼 수 있는 탄소나노튜브(13a, 13b) 간 최대 간격(L_{\max})은 수학적 4로부터 수학적 5와 같이 구할 수 있다.

$$\text{수학적 5}$$

$$L_{\max} = \sqrt{\pi D \sigma \cos \theta / P_{\max}}$$

P_{\max} 는 직경이 1mm 이하인 물방울의 경우 100kg 중/m² 정도면 충분하며, 탄소나노튜브(13a, 13b)의 높이(H)는 탄소나노튜브(13a, 13b) 사이의 공기층을 유지할 수 있을 정도만큼 높아야 한다. 탄소나노튜브(13a, 13b)의 높이(H)는 $2\cos(\theta)$ 에 비례한다. 아직까지 탄소나노튜브(13a, 13b)와 물 간의 접촉각(θ)이 정확히 알려져 있지 않으므로 탄소나노튜브의 높이(H)도 정확히 결정할 수 없으나 접촉각(θ)이 대략 91° ~ 96° 라고 가정하면 간격(L)은 1/200 내지 1/20 이상인 것이 바람직하다.

수학적 2에서 상온(섭씨 25도)에서 물의 표면 장력(σ)은 0.072N/m이고, 대기압 하의 공기 중에서 공기와 직경 1m인 물방울과의 내부 압력차(P)는 14.4kg중/m² 이며 물방울과 탄소나노튜브 간 접촉각(θ)은 90도보다 크다.

따라서, 탄소나노튜브 어레이(13)의 표면에 이물질이 존재하는 경우 탄소나노튜브 어레이(13)의 표면으로부터 이물질 제거하는데 필요한 힘, 즉 상대적 흡착력(A_r)은 수학적 6과 같이 주어지는 C 값, 즉 접촉면의 면적비(D/L)²에 비례하여 감소한다. 물체 표면에 대한 오염 물질의 흡착력은 두 물체 사이의 접촉 면적에 비례하므로, 요철 구조의 표면은 평평한 표면에 비해 상대적으로 흡착력이 감소한다. 즉, 상대적 흡착력(A_r)은 수학적 6에서와 같이, (실질 접촉 면적)/(무영 면적)에 비례한다.

$$\text{수학적 6}$$

$$A_r \propto C = \pi D^2 / 4L^2$$

상기의 수학적 1 내지 4로부터 직경 D 나노미터인 탄소나노튜브(13a, 13b)가 평균 L 나노미터 간격으로 배열된 경우 소정 내수압(P_{\max})에서 공기층을 유지할 수 있는지를 임의의 유체 표면장력(σ)과 접촉각(θ)으로부터 구할 수 있다.

특히 25℃의 물에서 최대 내수압(P_{\max})이 1, 10, 100kg중/m²로 나타나는 경우 탄소나노튜브 어레이(13) 구조 표면의 스케, 즉 탄소나노튜브(13a, 13b)의 직경(D), 최대 간격(L_{\max}) 및, 요철 구조가 없는 평평한 표면에 대한 탄소나노튜브 어레이 표면의 상대적 흡착력(A_{rel})을 계산하면 표 1로 제시된다. 여기서, 접촉각(θ)은 탄소나노튜브(13a, 13b)의 경우 정확한 값이 알려져 있지 않으므로 180도로 가정한다.

P_{\max} (kg중/m ²)	D(nm)	2	5	10	20	30	50	100	200
1	L_{\max}	6782	10724	15166	21448	26268	33912	47958	67823
	A_{rel}	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
10	L_{\max}	2145	3391	4796	6782	8307	10724	15166	21448
	A_{rel}	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%
100	L_{\max}	678	1072	1517	2145	2627	3391	4796	6782
	A_{rel}	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.02%	0.04%	0.09%

탄소나노튜브(13a, 13b)와 물이 접촉각(θ)은 90.6도로 알려져 있으나 아직 정확한 값은 알 수 없으므로 실험을 통해 그 값을 결정해야 한다. 이 접촉각(θ)은 최대 내수압만을 결정한다. 극히 미약한 소수성을 가지는 경우 최대 내수압은 1/100 정도로 감소하고, 접촉각(θ)이 95.7도 정도의 약간의 소수성을 가지는 경우 1/10 정도로 최대 내수압(P_{\max})이 감소한다. 직경 1mm인 물방울의 내수압이 14kg중/m²인 구조를 채택하면 연꽃효과를 충분히 얻을 수 있다.

예를 들면, 표 1에서 탄소나노튜브(13a, 13b)의 직경(D)이 200nm이고 최대 내수압(P_{\max})이 100kg중/m²인 경우 탄소나노튜브(13a, 13b)의 최대 간격(L_{\max})은 대략 7 μ m이고 상대적 흡착력(A_{rel})은 0.09% 정도로 극히 작아진다.

탄소나노튜브 말단에 소수성 물질, 예를 들어 테프론과 같은 불소 수지류를 코팅시키면 접촉각이 더욱 증가하여 초발수성의 특성을 향상시킬 수 있다. 또는 기판과 탄소나노튜브 사이에 산화막을 증착시켜 탄소나노튜브가 기판에 부착되는 힘을 더 강화시킬 수 있다.

본 발명은 내구성이 강한 탄소나노튜브를 소정 간격으로 배열하여 초발수성 표면을 실현하여 항오염 표면을 실현할 수 있다.

상기한 설명에서 많은 사항이 구체적으로 기재되어 있으나, 그들은 발명의 범위를 한정하는 것이라기보다, 바람직한 실시예의 예시로서 해석되어야 한다. 때문에 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 의하여 정하여 질 것이 아니고 특허 청구범위에 기재된 기술적 사상에 의해 정하여져야 한다.

발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 어레이는 연꽃효과를 이용하여 초발수성 항오염 표면을 구현할 수 있다는 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

소정 표면 장력(σ)과 소정 유압(P)을 가지는 유체가 특정 접촉각(θ)으로 표면에 접촉할 때 상기 유체에 대한 자기세정력을 가지도록 기판 상에 소정 직경(D)을 가지는 복수의 탄소나노튜브가 다음의 식을 만족하는 간격(L)으로 배열되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 어레이.

$$L \leq \pi D \sigma \cos \theta / P$$

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브의 높이(H)는 상기 간격(L)의 1/200이상 1/20이하인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 어레이.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 상의 유체(이물질)와 상기 탄소나노튜브(나노구조)의 표면과의 상대 흡착력(A_r)은 상대 흡착계수(C)와 탄소나노튜브의 흡착력(A)에 대해 다음의 식을 만족하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 어레이.

$$A_r = C \times A = \frac{\pi D^3}{4L^2} \times A$$

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 유압은 1000kg중/m² 이하인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 어레이.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 직경(D)은 1nm 내지 500nm의 크기인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 어레이.

청구항 6.

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브의 표면에 테프론 코팅이 된 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 어레이.

청구항 7.

제 1 항에 있어서,

상기 기관 상에 산화막이 더 형성된 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 어레이.

청구항 8.

제 1 항에 있어서,

상기 접촉각(θ)은 90도보다 작은 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 어레이.

도면

도면1



도면2

